

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10115813
PUBLICATION DATE : 06-05-98

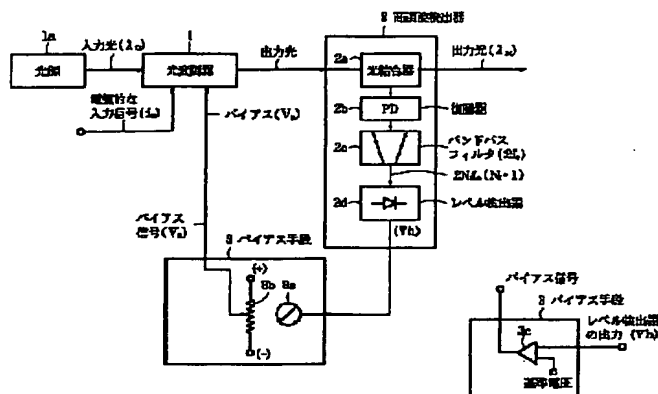
APPLICATION DATE : 14-10-96
APPLICATION NUMBER : 08270459

APPLICANT : ANRITSU CORP;

INVENTOR : MASUDA HIROSHI;

INT.CL. : G02F 1/03

TITLE : OPTICAL MODULATION DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical modulation device stabilizing an operation point of an optical modulator regardless of fluctuation in a modulation characteristic by using the characteristic of the optical modulator and a modulation distortion of modulated output light outputted from the optical modulator.

SOLUTION: The optical modulator 1 modulates input light with an electric input signal to obtain output light. A higher harmonic detector 2 receives its output light, and detect selectively the even ordered higher harmonic, e.g. second higher harmonic of the input signal frequency. A bias means 3 finds the bias point of the optical modulator 1 where the second harmonic becomes minimum, and sets the bias point in the optical modulator 1 as a center of operation. By using that when the bias of the optical modulator 1 is fluctuated, the even ordered harmonic such as the second, etc., of the input signal incorporated in the output light is reduced in a nearly center of a linear area of a light modulation characteristic, the bias is set, and the optical modulator 1 is operated stably.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-115813

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月6日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 2 F 1/03

識別記号

5 0 2

F I

G 0 2 F 1/03

5 0 2

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平8-270459

(22) 出願日

平成8年(1996)10月14日

(71) 出願人 000000572

アンリツ株式会社

東京都港区南麻布5丁目10番27号

(72) 発明者 増田 宏

東京都港区南麻布5丁目10番27号 アンリツ株式会社内

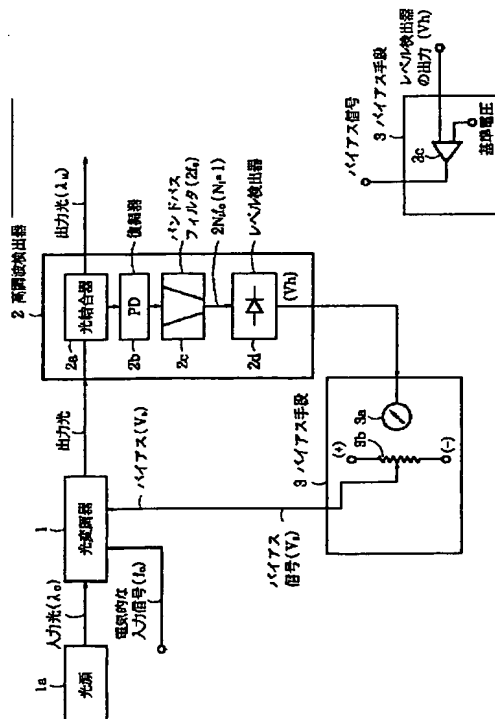
(74) 代理人 弁理士 小林 将高

(54) 【発明の名称】 光変調装置

(57) 【要約】

【課題】 光変調器の変調特性は、経年変化・温度変化などの環境変化により変動する。変調特性の変動にかかわらず、光変調器の動作を確実に、最適な動作点に、安定して設定する。

【解決手段】 光変調器1は入力光を電気的な入力信号により変調して出力光を得る。高調波検出器2はその出力光を受けて入力信号の周波数の偶数次高調波、たとえば2次高調波を選択的に検出する。バイアス手段3はその2次高調波が最小になる場所の光変調器1のバイアス点を見つけ、そのバイアス点を動作の中心として光変調器1に設定する。光変調器1のバイアス変動すると出力光に含まれる入力信号の2次等の偶数次高調波が、光変調特性の直線領域のほぼ中心で減少することを利用してバイアスを設定し、光変調器1を安定に動作させることを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光(λ_0)を電気的な入力信号(f_0)により変調して出力光(λ_m)を出力するとともにバイアス(V_b)により動作の中心が設定される光変調器(1)と、前記光変調器の出力光(λ_m)を復調し前記電気的な入力信号の周波数の偶数次高調波($2Nf_0$)のいずれか($2N_i f_0$)を選択しそのレベル(V_h)を検出して出力する高調波検出器(2)と、前記バイアス(V_b)を変化させて前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になる前記光変調器のバイアス点(V_{bm})を動作の中心点として光変調器に設定するバイアス手段(3)とを備えたことを特徴とする光変調装置。

【請求項2】 前記バイアス手段(3)は、前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変するとともに、前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出してその後そのバイアス点(V_{bm})を動作の中心として前記光変調器に設定することを特徴とする請求項1記載の光変調装置。

【請求項3】 前記バイアス手段(3)は、前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変にされた可変信号(V_v)を含むバイアス信号(V_s)を前記光変調器に出力するバイアス信号生成手段(320、35)と、前記バイアス信号生成手段からのバイアス信号により前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変しているとき、前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出してその後そのバイアス点(V_{bm})を動作の中心となるように前記バイアス信号生成手段を制御するバイアス制御手段(321、34)とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光変調装置。

【請求項4】 前記バイアス信号生成手段(320、35)は、前記光変調器のバイアス(V_b)を前記所定範囲より狭い範囲で掃引する所定周期の低周波信号(V_{v1})と直流信号(V_{dc})とを加算したバイアス信号(V_s)を前記光変調器に設定するとともに、前記バイアス制御手段(321、34)は、前記光変調器のバイアス(V_b)が前記低周波信号で掃引されて変化するのに対応して略U字状特性に変化する前記高調波検出器の出力レベル(V_h)を受けて前記略U字状特性をゼロを通過して正負の領域を変化する特性に変換するデータ変換手段(34a)と、そのデータの交換手段からの出力を直流に変換する平均化手段(34b)と、前記平均化手段の出力とゼロまたはゼロに近い値を有する基準信号とを比較し前記平均化手段の出力が前記基準信号の値と等しくなるように前記バイアス信号の直流信号を制御する比較制御器(34c)とを備えたことを特徴とする請求項4記載の光変調装置。

【請求項5】 前記バイアス信号生成手段(320、3

5)は、前記低周波信号としてゼロを通過する鋸歯状波(V_k)を出力し、前記データ変換手段(34a)は、前記鋸歯状波(V_k)と前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)とを乗算する乗算器(34a)であることを特徴とする請求項5記載の光変調装置。

【請求項6】 前記比較制御器(34c)は、前記平均化手段の出力が前記基準信号の値となるように前記バイアス信号の直流信号を制御した後は、前記低周波信号(V_{v1})の出力を停止することを特徴とする請求項4または5記載の光変調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムにおいて電気信号で変調された光信号を出力する光変調装置に係り、特に、光変調器の非線形な変調特性を利用して変調歪の少ないバイアス点に光変調器の動作点を設定して安定化する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、干渉形の光変調器例えばその代表的なマッハツェンダ形光変調器は、その変調特性が、経年変化、温度などの環境変化によりその動作点がドリフトすることが知られていた。その様子を図6および図7により説明する。図6は、光変調器1が入力光 λ_0 を電気的な入力信号 f_0 で変調して出力光 λ_m を出力する構成を示す。変調器の動作点は、バイアス V_b に設定されている。図7は、光変調器1の変調特性を説明する図で、変調特性Aが温度変化等により変調特性Bに変動したとき、電気的な入力信号C(正弦波の場合)または入力信号F(NRZ(ノンリターンゼロ)信号の場合)は、それぞれ出力光の波形がDからEへ、または出力光の波形がGからHへ変動し、歪みが出てくる。

【0003】これを解決しようとした技術として、特開平4-116618号(以下、引例1という)および特開平3-251815号(以下、引例2という)があり、それぞれを図8および図9、図10を用いて説明する。

【0004】引例1は、高速デジタル伝送に用いられる光変調器の動作点が変動すると、伝送信号であるデジタル信号のマーク率も変動することを利用している。図8において光変調器10を主電気信号で変調し、光分岐手段17、光一電気変換手段15および平滑化手段16で変調した後の電気信号の平均電力を求め、一方で変調前の主電気信号のマーク率をマーク率検出回路14で検出し、その検出したマーク率に応じた定格信号と変調した後の電気信号の平均電力とを差分増幅手段13で比較して、入力電圧制御回路12の出力で光変調器10のバイアスを制御することにより、主電気信号のマーク率に応じて一定のマーク率が得られるようにすることで、光変調器10の動作点の安定化を図る技術である。なお、図8中、直流電圧印加回路11は主電気信号に入力電圧制

御回路12の電圧を加える回路である。

【0005】引例2は、図9に構成を、図10に光変調器の特性を示す。図9に示すように可変利得アンプ25で低周波発振器24からの低周波信号を電気的な入力信号に重畳して、その出力によりマッハツェンダ変調器20で入力光を変調して出力光として出力する。次に、その出力光の一部を光分岐回路21で分岐して取り出し、フォトダイオード22で電気信号に変換して得た低周波信号成分の位相と変調前の低周波信号の位相とをミキサ23で位相比較する。その比較結果で、マッハツェンダ変調器20の出力には低周波信号の基本波成分が含まれないように(2次高調波成分があるように)差動アンプ26で制御することにより、動作点の安定化を図っている。

【0006】これは、図10に示すように光変調器の特性の最上部および最下部(極点)において非線形な特性を有するため、この極点の非線形な特性部分に係る低周波成分は2倍の周波数に変換されることを利用したものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術には、次のような問題点があった。

【0008】引例1は、デジタル信号のマーク率は使用状況により変動するため、光変調器に入力される電気的な入力信号に含まれるデジタル信号のマーク率を予め知っていなければならない。そのため、デジタル信号を発生する装置と一体的に収納するか、または、デジタル信号からマーク率を検出する装置を付属させなければ目的が達成できないという不便さがあった。

【0009】また、電気的な入力信号を正弦波とする場合、目的達成が困難である。

【0010】引例2は、常に低周波信号の2次高調波が出力できるよう基本波信号を消すように動作するため、図10で示されるように低周波信号が光変調器の変調特性の極点(非線形特性が最大となる点)に係るようにしなければならない。つまり、光変調器に入力する電気的な入力信号の大きさも前記変調特性の極点間の幅に合わせる必要があるので、電気的な入力信号の大きさに自由度がなくなる。

【0011】さらに、引例2は、位相検出を行っているが、もともと、入力光半導体レーザ等は、電気的な入力信号に比し揺らぎが大きいので、位相検出する際、その揺らぎが雑音として検出されることがあり、結果として光変調器へのバイアスの雑音となりかねない。

【0012】本発明の目的は、光変調器の特性とそこから出力される変調された出力光の変調歪みを利用して光変調器の動作点を安定化する光変調装置を提供することである。

【0013】すなわち、本発明は、光変調器の最適な動作点の変動を判断するにあたり、伝送対象である電気信

号そのものの歪みを検出して、その歪みがなくなる動作点に設定することにより、確実に安定な動作を得ようとするものである。したがって、引例1におけるマーク率、引例2における低周波信号の2次高調波のように、他の手段または伝送信号以外の他の媒体を検出材料とすることなく、つまり、伝送しようとする信号以外の情報に依存することによる制約を除き、簡素な構成とすることができ

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を解決するため、本発明は、図7に示すように、光変調器の電気的な入力信号対出力光の特性が線形領域の両端に非線形領域を有する変調特性(以下、「S字特性」と称する)の持つ非直線性を利用している。

【0015】つまり、本発明は、図7の光変調器の変調特性AのS字特性の中心に動作点を置いて、そこを中心に電気的な入力信号で変調した場合、出力される出力光はその動作点を境にほぼ対称に変調されるので、その出力光から電気的な入力信号を復調して取り出してみると、電気的な入力信号の偶数次高調波が少ない(図7の出力波形D、G)。反面、図7の変調器特性Bのように、変調器の動作点がS字特性の中心からズレてくると光変調器から出力される出力光の対称性が崩れ、復調して取り出した電気的な入力信号の偶数次高調波が多くなる(図7の出力波形E、H)ことに着目したものである。

【0016】本発明は、光変調器の上記非直線性に着眼し、次のような構成とした。

【0017】本発明の請求項1に係る発明は、入力光(λ_0)を電気的な入力信号(f_0)により変調して出力光(λ_H)を出力するとともにバイアス(V_b)により動作の中心が設定される光変調器1と、前記光変調器の出力光(λ_H)を復調し前記電気的な入力信号の周波数の偶数次高調波($2Nf_0$)のいずれか($2N_1f_0$)を選択しそのレベル(V_h)を検出して出力する高調波検出器2と、前記バイアス(V_b)を変化させて前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になる前記光変調器のバイアス点(V_{bm})を動作の中心点として光変調器に設定するバイアス手段3とを備えたことを特徴とするものである。

【0018】本発明の請求項2に係る発明は、前記バイアス手段3は、前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変するとともに、前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出してその後そのバイアス点(V_{bm})を動作の中心として前記光変調器に設定することを特徴とするものである。

【0019】本発明の請求項3に係る発明は、前記バイアス手段3は、前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変にされた可変信号(V_v)を含むバイアス信号

(V_s)を前記光変調器に出力するバイアス信号生成手段320、35と、前記バイアス信号生成手段からのバイアス信号により前記光変調器のバイアス(V_b)を所定範囲可変しているとき、前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出してその後そのバイアス点(V_{bm})を動作の中心となるように前記バイアス信号生成手段を制御するバイアス制御手段321、34とを備えたことを特徴とするものである。

【0020】本発明の請求項4に係る発明は、前記バイアス信号生成手段320、35は、前記光変調器のバイアス(V_b)を前記所定範囲より狭い範囲で掃引する所定周期の低周波信号(V_{v1})と直流信号(V_{dc})とを加算したバイアス信号(V_s)を前記光変調器に設定するとともに、前記バイアス制御手段321、34は、前記光変調器のバイアス(V_b)が前記低周波信号で掃引されて変化するのに対応して略U字状特性に変化する前記高調波検出器の出力レベル(V_h)を受けて前記略U字状特性をゼロを通過して正負の領域に変化する特性に変換するデータ変換手段34aと、そのデータの交換手段からの出力を直流に変換する平均化手段34bと、前記平均化手段の出力とゼロまたはゼロに近い値を有する基準信号とを比較し前記平均化手段の出力が前記基準信号の値と等しくなるように前記バイアス信号の直流信号を制御する比較制御器34cとを備えたことを特徴とするものである。

【0021】本発明の請求項5に係る発明は、前記バイアス信号生成手段320、35は前記低周波信号としてゼロを通過する鋸歯状波(V_k)を出力し、前記データ変換手段34aは、前記鋸歯状波(V_k)と前記高調波検出器が出力するレベル(V_h)とを乗算する乗算器(34a)であることを特徴とするものである。

【0022】本発明の請求項6に係る発明は、前記比較制御器34cは、前記平均化手段の出力が前記基準信号の値となるように前記バイアス信号の直流信号を制御した後は、前記低周波信号(V_{v1})の出力を停止することを特徴とするものである。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図1、図2、図3、図4および図5に基づいて説明する。

【0024】図1は本発明の実施例の構成を示すブロック図、図2は光変調器1の動作を表す変調特性を示す図、図3は第2実施例の構成を示すブロック図、図4は第3実施例の構成を示すバイアス手段のブロック図、図5は第4実施例の構成を示すブロック図である。

【0025】図1において光変調器1は、入力光(λ_0)を電気的な入力信号(f_0)で変調して、出力光(λ_n)を出力する。光変調器1の動作の中心点はバイアス信号(V_s)によりバイアス(V_b)に設定される。この光変調器1には、たとえばマッハツェンダ形変

調器が使われる。図2(a)にマッハツェンダ形変調器の光変調特性を示す。

【0026】高調波検出器2は、出力光(λ_n)を光結合器2aで分波し、フォトダイオード(PD)などの復調器2bで復調して電気的な信号に変換し、バンドパスフィルタ2cおよびレベル検出器2dにより電気的な入力信号(f_0)の偶数次高調波($2Nf_0$)の何れか($2N_i f_0$)のレベル(V_d)を検出する(この実施例では $N_i = 1$ とする)。

【0027】バイアス手段3は、レベル検出器2が検出するレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になる光変調器1のバイアス(V_{bm})をバイアス信号(V_s)によって設定する。これにより、検出した偶数次高調波($2N_i f_0$)のレベル(V_h)が最小のレベル($V_{h_{min}}$)になる動作点が光変調器1に設定されるので光変調器1は偶数次歪の最小の点で変調動作を行うことになる。

【0028】結果として、光変調器1の動作点は、後述する光変調器のS字特性のほぼセンタに維持される。

【0029】高調波検出器2が出力する偶数次高周波の一つである2次高調波が最小レベル($V_{h_{min}}$)になる点を見つけ、次に、その2次高調波が最小レベル($V_{h_{min}}$)になる光変調器1の動作点を維持するように、光変調器1のバイアスを制御するには、次のような態様がある。

【0030】請求項2に係る発明では、バイアス手段3が、まず、光変調器1のバイアスを所定範囲にわたり可変することにより、高調波検出器2が出力する2次高調波が最小レベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出する。その後その最小レベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を動作の中心として光変調器1に設定する。バイアスを可変する所定範囲は、高調波検出器2が出力する2次の高調波が最小レベル($V_{h_{min}}$)になる点を検出し得る範囲とする。

【0031】請求項3に係る発明では、バイアス手段3がバイアス信号生成部320またはバイアス信号生成手段35(以下、単に「バイアス信号生成手段320、35」という)とバイアス制御部321またはバイアス制御手段34(以下、単に「バイアス制御手段321、34」という)とで構成される。バイアス信号生成手段320、35は、バイアス信号を光変調器1のバイアスを所定範囲を可変するための信号を含むバイアス信号を光変調器1に出力する。バイアス制御手段321、34は、バイアス信号により光変調器1のバイアスが所定範囲可変されているときに高調波検出器2が出力する2次高調波が最小レベル($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})を検出して、その後バイアス点(V_{bm})を動作の中心となるようにバイアス信号生成手段320、35を制御する。

【0032】請求項4に係る発明では、請求項3に係る

発明をより具体化したものである。

【0033】つまり、バイアス手段3は、光変調器1のバイアスを微小範囲掃引するための所定周期の低周波信号(図2(d))と直流信号とを加算したバイアス信号(V_b)を光変調器1に設定する(図2(b))。そうすると、光変調器1のバイアスが低周波信号で掃引されて変化すると、高調波検出器2の出力は、略U字状特性(図2(c)) (バイアス信号の変化の累乗の絶対値に比例)になる。

【0034】そこで、バイアス制御手段321、34は、データ変換手段34a、平均化手段34bおよび比較制御器34cを備えて略U字状特性を略直線状特性(図2(e))にデータ変換してバイアスの制御を容易にした。

【0035】まず、データ変換手段34aが、高調波検出器2の略U字状特性(図2(c))を、ゼロを通過して正負の領域に変化する特性(略直線状の変化)(図2(e))に変換する。平均化手段34bは、データ変換手段34aからの出力を直流(図2(f))に変換する。

【0036】光変調器1のバイアス点が最適であれば、平均化手段34bの出力はほぼゼロとなり、それからズレれば正または負の値の直流となって現れる(図2(f))。

【0037】次に、比較制御器34cが、平均化手段34bの出力とゼロまたはゼロに近い値を有する基準信号とを比較し、平均化手段34bの出力が基準信号の値となるようにバイアス信号の直流信号を制御する。

【0038】結果として、光変調器1のバイアス点がその光変調器1の変調特性(S字特性)の直線領域に設定される。

【0039】請求項5に係る発明では、バイアス手段3が出力するバイアス信号に含まれる低周波信号は、所定周期を有しゼロを通過する鋸歯状波とし、データ変換手段34aは、鋸歯状波と高調波検出器2の出力とを乗算する乗算器34aとした。つまり、乗算器34aでゼロを通過する鋸歯状波(図2(d))と略U字状特性の高調波検出器2の出力(図2(c))とを乗算することにより、ゼロを通過する略直線状の特性(図2(e))に変換する、いわば座標変換した。

【0040】請求項6に係る発明では、請求項4に係る発明同様、比較制御器34cが、平均化手段34bの出力と基準信号の値とが一致するようにバイアス信号の直流信号を制御した後は、バイアス信号に鋸歯状波を含めないようにした。

【0041】

【実施例】本発明の第1実施例を図1および図2を用いて説明する。

【0042】図1は、本発明の第1実施例の構成を示すブロック図、図2(a)～(f)は本発明の動作を説明

するための光変調特性とバイアス信号との関係を表わす図である。

【0043】図1については、すでに説明されているのでここでの説明は省略する。

【0044】第1実施例の動作を図2(a)、(b)および(c)を参照して説明する。

【0045】図2(a)は、光変調特性を表す図で、バイアス電圧(V_b)によって変調特性が変化する様子を示す。実線は、ある特定の状態における特性、点線および一点鎖線は環境条件によりこの特性が変化する状態を示している。この変調特性は、図7で説明したが、両端が非線形でS字状の特性曲線となっており、これをS字特性と称する。

【0046】図2(b)は、バイアス信号を表す図で周期がTで、出力電圧が V_{b1} を中心に $V_{b1}+V_1$ から $V_{b1}-V_1$ の間で鋸歯状波で掃引されている状態を示している。

【0047】図2(c)は、高調波検出器2の出力レベル、具体的にはレベル検出器2dの検出レベル(V_h)がバイアス(V_b)が変化することによってU字状に変化する特性になっていることを示している。

【0048】実線と点線および一点鎖線の関係は図2(a)と同じである。

【0049】光変調器1は、光源1aからの入力光(λ_0)と、電気的な入力信号(f_0)とを入力とし、変調された出力光(λ_m)を出力する、光変調器1の動作の中心点は、図2(a)の実線で示される変調特性の中心(V_{b1})に設定されている。このとき、図2(c)に示されるレベル検出器2dの出力する2次高調波のレベル(V_h)は最小のレベル($V_{h_{min}}$)になっている。

【0050】バイアス手段3は、レベル検出器2dが最小のレベル($V_{h_{min}}$)になったときの光変調器1のバイアス点(V_{bm})を検出してバイアス信号(V_s)をその値に設定する。このときのバイアス点(V_{bm})は V_{b1} である。

【0051】この状態で、環境条件が変化して、光変調器1の変調特性が図2(a)の実線から点線に変動した場合、高調波検出器2の出力レベル(V_h)は図2(c)の点線のように変わっているので、出力レベル(V_h)が最小レベル($V_{h_{min}}$)を示すときのバイアス点(V_{bm})が V_{b2} であることを検出して、この電圧 V_{b2} を光変調器1のバイアス(V_b)として設定する。このバイアス(V_b)の設定は、レベル検出器2dのレベルをメータ3aで読み取り、電圧設定器3bで設定することができるほか、図1の3cに示すように差動増幅器3cの一方にレベル検出器2dの出力するレベル(V_h)を入力し、他方に基準電圧を入力し、その出力をバイアス信号(V_s)とする負帰還回路によりレベル検出器2dの出力するレベル(V_h)が最小の値($V_{h_{min}}$)になるバイアス点(V_{bm})にバイアス(V_b)を

設定することができる。

【0052】その他のバイアス設定については後述する。

【0053】このようにして、光変調器1は、図2(c)の2次高調波歪みの最も小さいU字状特性の最下点すなわち変調特性のS字状の特性の中央で動作することになる。電気的な入力信号(f_0)としては、図7に示すように正弦波であってもパルス波であってもよい。入力信号の持つ偶数次高調波が光変調器1で発生する偶数次高調波と打ち消し合うような現象が生じない範囲で適用できる。

【0054】次に、第2実施例を図3および図2(a)～(f)を用いて説明する。

【0055】図3は、第2実施例の構成を示すブロック図である。

【0056】図3に基づいて第2実施例の構成を説明する。

【0057】図3において、図1と同じ符号を付したものは同じ機能を持つものであるから説明を省略する。

【0058】電気的な入力信号(f_0)としては、データ発生装置1bの出力信号が用いられる。

【0059】バイアス手段3は、A/D変換器31、CPU装置32およびD/A変換器33で構成される。A/D変換器31は、高調波検出器2の出力するアナログ出力をデジタル信号に変換するものであり、D/A変換器33は、CPU装置32からのデジタル信号をアナログ信号に変換するものである。

【0060】CPU装置32は、バイアス信号生成部320、バイアス制御部321および指示部322からなる。バイアス制御部321は、最小点バイアス検出部321aおよびバイアス設定部321bからなる。これらの機能を果たすために、CPU、RAM、ROMおよび論理素子からなるハードウェアおよびソフトウェア等で構成される。

【0061】次に、本発明の第2実施例の動作を説明する。

【0062】指示部322は、温度計から温度情報またはタイマからの一定間隔の時間情報など外部からの校正指示を受けて、各部に対して光変調器1のバイアスの校正開始を指示する。

【0063】バイアス信号生成部320は、図2(b)に示すバイアス信号を発生し、D/A変換器33を介して光変調器1のバイアス電圧を $V_{b1} \pm V1$ 間を時間Tで変化する鋸歯状波を掃引させる。

【0064】光変調器1は、図2(a)の実線の変調特性で動作している場合、高調波検出器2の出力レベルが図2(c)の実線のように変化する。これが温度等の環境条件が変わったため、図2(a)及び図2(c)の点線で示される動作を行っているものとする。

【0065】最小点バイアス検出部321aは、バイア

ス信号生成部320の出力を参照しながら、高調波検出器2の出力レベルが最小のレベル($V_{h_{min}}$)になる点のバイアス電圧(V_{bm})を検出する、この場合当初 V_{b1} であったバイアス電圧(V_{bm})は V_{b2} である。

【0066】なお、最小レベル($V_{h_{min}}$)の点は、高調波検出器2の出力を微分するか、または、前のポイントで取得したデータと次に取得したデータとの比較を次々で行う等により検出することができる。

【0067】高調波検出器2の出力レベルが最小レベル($V_{h_{min}}$)になる光変調器1のバイアス電圧(V_{bm})が V_{b2} であるとの情報を受けたバイアス設定部321bは、その情報をバイアス信号生成部320に送りバイアス信号(V_s)として V_{b2} を発生させ、光変調器1に設定し、その電圧を保持するように制御する。電圧を保持させるには、バイアス設定部321bでメモリ(図示せず)で前記バイアス電圧が V_{b2} であるとの情報を保持すればよい。

【0068】そして、バイアス電圧の変化を停止させる。

【0069】その結果、光変調器1の動作点は変調特性の直線領域の中心に設定される。

【0070】なお、上記バイアス信号生成部320は、バイアス(V_b)を図2(a)の $V_{b1} \pm V1$ 間を変えていたが、その範囲は、最小点バイアス検出部321aが最小レベル($V_{h_{min}}$)点を検出できる範囲に設定する。したがって、定温制御されている室内で使用される場合は、その温度変動とそれに対する光変調器1の変調特性の変動を考慮して、微少な範囲を掃引制御すれば目的を達成できる。

【0071】さらに、バイアス信号生成部320による掃引電圧の変化が微少であり、光変調器1からの変調された光出力が受ける影響を無視できる場合は、バイアス電圧を掃引しながら光変調器1の動作点を常時監視し校正することができる。この場合は、指示部322による校正の開始指令は不要である。

【0072】また、常時監視して校正するのではなく、温度変動があった場合、または、一定時間経過後など指示があった場合に、一時的に光変調器1の動作点を校正するのであれば、光結合器2aを、光スイッチに置き換え、光変調器1の出力を校正時のみ高調波検出器2へ切り換えればよい。

【0073】次に、第3実施例を図4および図2(a)～(f)を用いて説明する。

【0074】図4は、第3実施例の構成を示すバイアス手段3のブロック図である。図4は、図3の第2実施例に比し、バイアス手段3が、ハード的に構成しやすくしたものであるがこの機能はCPU装置で構成することも可能である。

【0075】バイアス手段3は、光変調器1のバイアスを所定範囲可変するためのバイアス信号生成手段35と

そのバイアス信号生成手段35を制御するバイアス制御手段34とを備えている。いずれも、目的とするところは、図3のCPU装置32内のバイアス信号生成部320、バイアス制御部321と同じである。

【0076】バイアス信号生成手段35は、低周波発振器35aが出力する図2(d)に示す所定周期Tの掃引電圧にバイアスの中心となるDC電圧を加算した図2(b)を示すバイアス信号を光変調器1へ出力する。

【0077】バイアス信号生成手段35がバイアス信号(V_s)で図2(a)における光変調器1のバイアスを $V_{b1} \pm V1$ 間にわたり掃引することによって、高調波検出器2の出力レベルは、図2(c)のようになる。

【0078】つまり、高調波検出器2の出力レベルは、図2(c)に示す実線のようにになっているが、温度変化等で変調特性が変動すると変調歪の最小点になる点が変わり、点線または一点鎖線の特性を示す。これら特性は、最小点を中心に略U字状にレベルが変化する特性をしている。

【0079】乗算器34aは、図2(c)に示す高調波検出器2の出力と低周波発振器35aが出力する低周波信号とを乗算する。低周波発振器35aの出力は図2(d)に示すように、周期Tのほぼ中心でゼロ電圧を横切る波形となっているので、乗算器34aの出力は、図2(e)に示すように周期Tのセンタをゼロとする基点を通る略直線的な特性に変換される。

【0080】平均化手段34bは、乗算器34aから出力されるレベルを時間平均する、低周波信号の掃引時間Tよりも長い時間にわたり平均化するフィルタである。言い換えれば、図2(e)の波形を積分して図2(f)のように直流に変換するものである。

【0081】このことにより、図2(e)において、実線は基点を境に上下ほぼ同じ面積を有するため、平均化により図2(f)の実線で示されるゼロレベルになり、同様に、図2(e)の点線または一点鎖線の各特性はそれぞれ図2(f)の点線または一点鎖線で示される負または正の電圧となる。

【0082】比較制御器34cは、基準電圧としてゼロ電圧を設定し、これと平均化手段34bの出力とを比較してその比較結果で前記バイアス信号生成手段35の直流信号を制御することにより、平均化手段34bの出力が常にゼロになるようにバイアス信号生成手段35のバイアス信号を制御する。

【0083】この結果、光変調器1の動作点は、図2(c)の実線で示されるU字状特性の最小点、すなわち、光変調器1のS字特性のほぼ中心に設定される。

【0084】なお、常時、光変調器1の動作点を監視し校正する必要がなく、たとえば定期的な動作点の校正であれば、比較制御器34cは、高調波検出器2の出力が最小レベル($V_{h_{min}}$)となったときにバイアス信号生成手段35が出力する直流信号の値を保持させるとも

に、低周波発振器35aの出力を停止させればよい。

【0085】常時、光変調器1の動作点を監視し校正する場合は、低周波発振器35aの振幅 $\pm V1$ は図2(c)の高調波検出器2の出力に最小レベル($V_{h_{min}}$)の点が現れる程度に極力小さくして、本来のデータの伝送に影響を少なくすることが望まれる。低周波発振器35aの出力する低周波信号の周期Tも、データ伝送への影響を考慮して決定する。

【0086】ここで、数値例を示す。光源1aには、通信用として波長 $1.3\mu m$ 帯または $1.5\mu m$ 帯が使用される。データ発生装置1bは、デジタル伝送としては約50MHz から約10GHz のクロック周波数で使用される。低周波発振器35aは数KHz 以下である。

【0087】なお、この第3実施例では、高調波検出器2が出力する略U字状特性をゼロを横切る略直線状データに変換するデータ変換器として乗算器34aを使用した。乗算器34aの代わりに微分器で略U字状特性を微分するようにしてもよい。一定方向から略U字状特性を微分すれば、ほぼセンタでゼロを横切る略直線状の特性に変換される。

【0088】次に、第4実施例を図5を用いて説明する。

【0089】図5は、第4実施例の構成を示すブロック図である。

【0090】第4実施例は、電気的な入力信号の周波数 f_0 が変化する場合でも、高調波検出器がバンドパスフィルタの通過域の周波数を変化させることなく、その偶数次高調波成分を検出することができるようにしたものである。

【0091】高調波検出器2-1の周波数変換器2fは、データ発生装置1bが出力する電気的な入力信号の周波数 f_0 を入力として($2 \times f_0 + f_{if}$)の周波数を有する信号を出力する。ミキサ2eは、復調器2bが復調して得た電気的な入力信号および周波数変換器2fが出力する信号(周波数: $2 \times f_0 + f_{if}$)を入力として、電気的な入力信号の2倍の周波数 $2 \times f_0$ との差の中間周波数 f_{if} の信号を出力する。バンドパスフィルタ(BPF)2c-1は、中間周波数 f_{if} を通過させる。 C_1 、 C_2 および C_3 はコンデンサで、交流成分のみを通過させるものである。

【0092】その他の構成については、第2実施例および第3実施例として図3および図4を参照して説明したので省略する。

【0093】第4実施例の動作について説明する。

【0094】高調波検出器2-1におけるミキサ2eは、復調器2bが復調して出力する電気的な入力信号の周波数の高周波のうち第2次高調波成分と周波数変換器2fの出力する周波数($2 \times f_0 + f_{if}$)の信号とを混合し、バンドパスフィルタ2c-1は、その出力信号から周波数 f_{if} の信号成分を選択して出力する。周波数 f

f_{if} の信号成分は、復調器2bが出力した周波数 $2 \times f_0$ の信号成分を周波数 f_{if} に変換したものであるから電気的な入力信号の周波数 f_0 が変化しても常に周波数は f_{if} となる。その出力レベルはレベル検出器2dに出力され、復調器2bの出力レベルの増減はそのまま伝送されているのでレベル検出器2dが出力するレベルは、復調器2bが出力した周波数 $2 \times f_0$ の成分のレベルの増減に比例している。

【0095】このようにして得た高調波検出器2-1の出力をバイアス手段3に入力して得たバイアス信号を光変調器1に入力することで、電気的な入力信号の周波数を変化させた場合においても、高調波検出器2-1のバンドパスフィルタ2c-1の通過域の周波数を変化させないで、電気的な入力信号の第2次高調波成分の変化を検出して、光変調器1を最適な動作点に設定することができる。

【0096】図5においては、電気的な入力信号は、コンデンサ C_1 で交流成分のみを取り出し、低周波発振器35aはコンデンサ C_2 および C_3 で交流成分のみを出力するようにした。バイアス信号に含まれる適流成分の大きさは、DC入力または比較制御器34cへ入力する基準電圧の大きさで制御することができる。

【0097】なお、データ発生装置1bの出力する信号がクロック周波数 f_c のデジタル信号である場合は、周波数変換器2fの出力する周波数は $f_c + f_{if}$ であればよい。

【0098】その他の動作については、第2実施例および第3実施例と同じなので説明を省略する。

【0099】

【発明の効果】本発明は、光変調器1の電気的な入力信号対出力光の特性がほぼ線形領域とその両端に非線形領域を有する変調特性（S字特性）のもつ非直線性を利用して、光変調器1の出力から電気的な入力信号の偶数次の高調波を高調波検出器2で選択し、バイアス手段3でその高調波レベルが最小になるところのバイアス点を検出して、そのバイアス点を中心に動作するよう光変調器1のバイアスを設定し、バイアス変動で歪んだ信号を検出してその歪みが最小の点で光変調器1を動作させることにより、光変調器1を安定に動作させようとするストレートな思想であるから、歪みの少ない線形領域の動作点に的確に設定できるとともに、他の信号、条件による制約が少ない簡素な構成で目的が達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の各要部の特性および信号波形を示す図である。

【図3】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第3実施例の構成を示すバイアス手段のブロック図である。

【図5】本発明の第4実施例の構成を示すブロック図である。

【図6】光変調器の入出力信号関係を示すブロック図である。

【図7】図6における各特性および信号波形を示す図である。

【図8】従来技術（引例1）の構成を示すブロック図である。

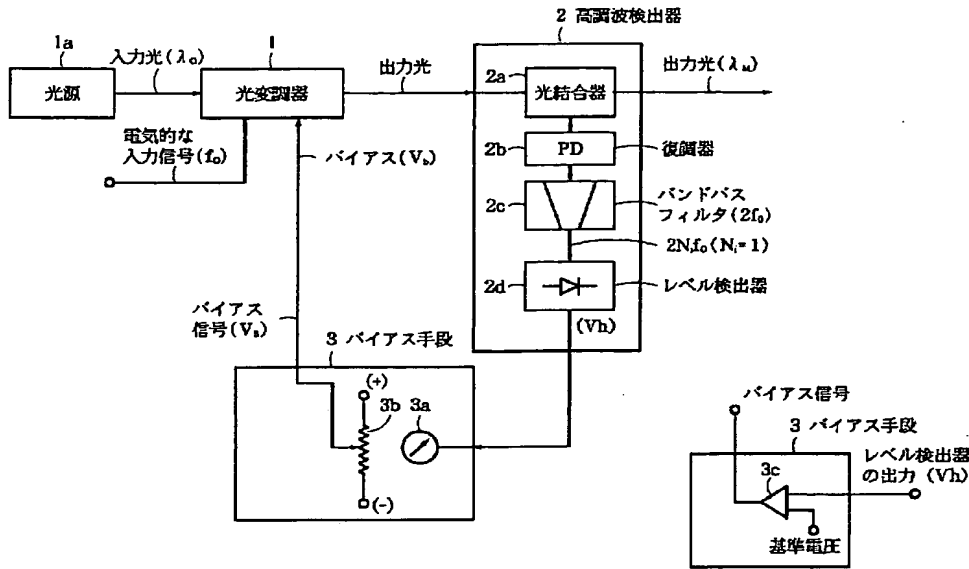
【図9】従来技術（引例2）の構成を示すブロック図である。

【図10】従来技術（引例2）の入出力特性を示す図である。

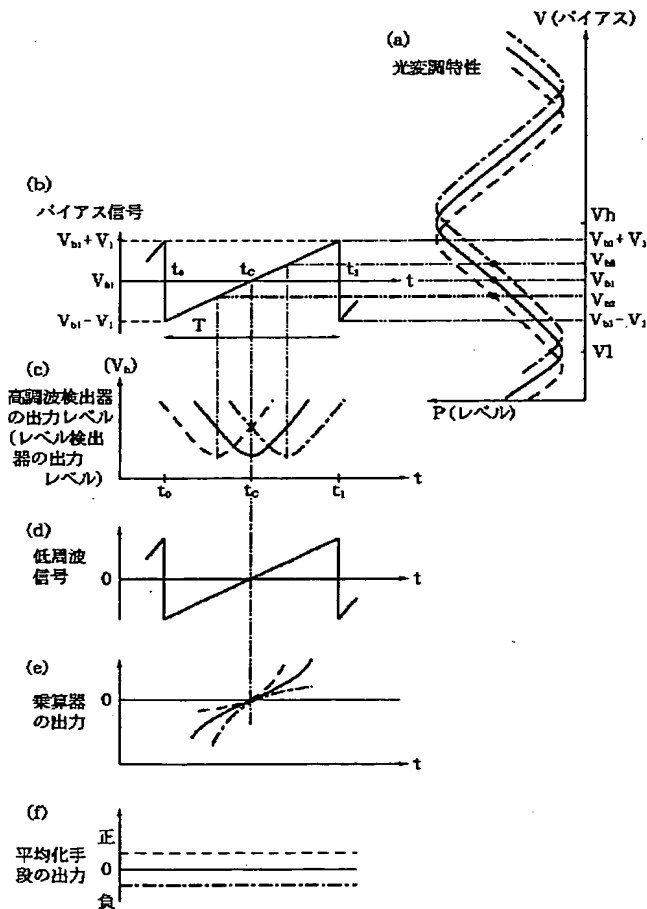
【符号の説明】

- 1 光変調器
- 1a 光源
- 1b データ発生装置
- 2 高調波検出器
- 2a 光結合器
- 2b 復調器
- 2c バンドパスフィルタ
- 2d レベル検出器
- 3 バイアス手段
- 3a メータ
- 3b 電圧設定器
- 3c 差動増幅器
- 31 A/D変換器
- 32 CPU装置
- 33 D/A変換器
- 34 バイアス制御手段
- 34a 乗算器（データ変換手段）
- 34b フィルタ（平均化手段）
- 34c 比較制御器
- 35 バイアス信号生成手段
- 35a 低周波発振器
- 320 バイアス信号生成部
- 321 バイアス制御部
- 321a 最小点バイアス検出部
- 321b バイアス設定部
- 322 指示部

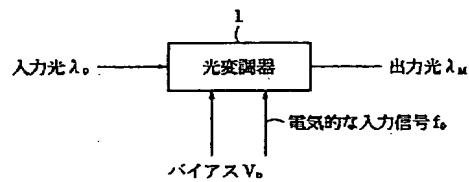
【図1】



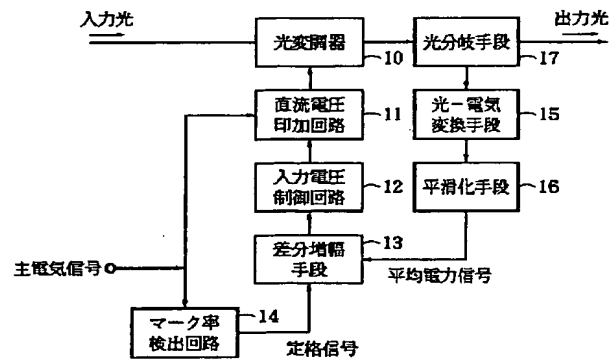
【図2】



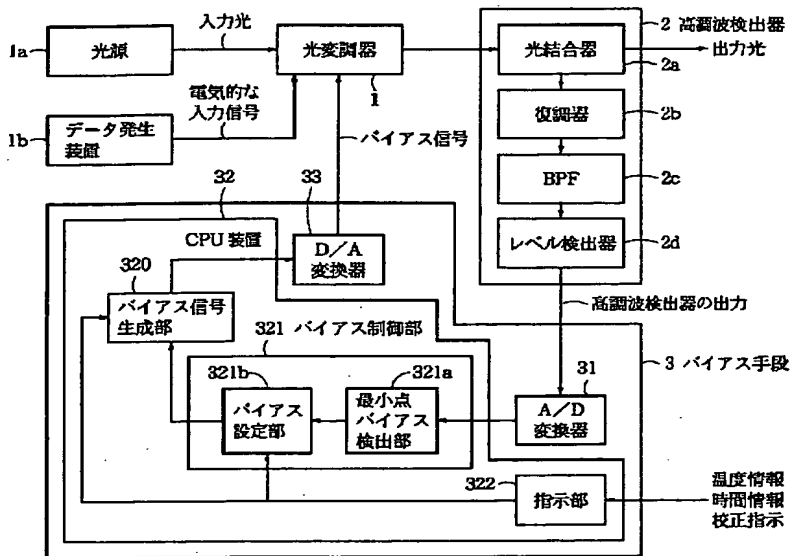
【図6】



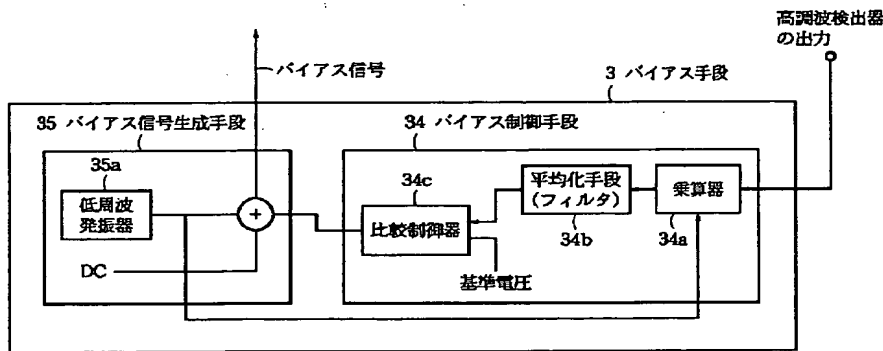
【図8】



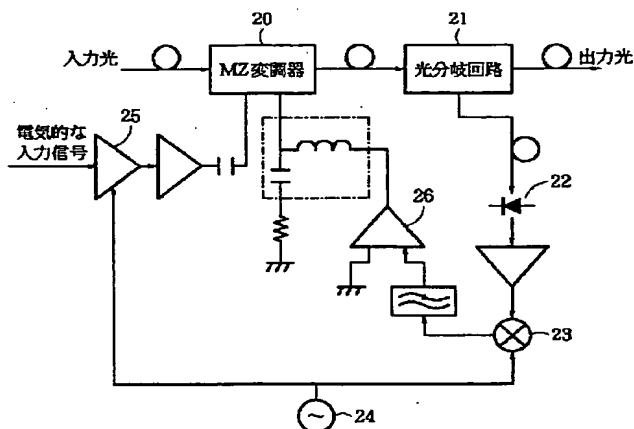
【図3】



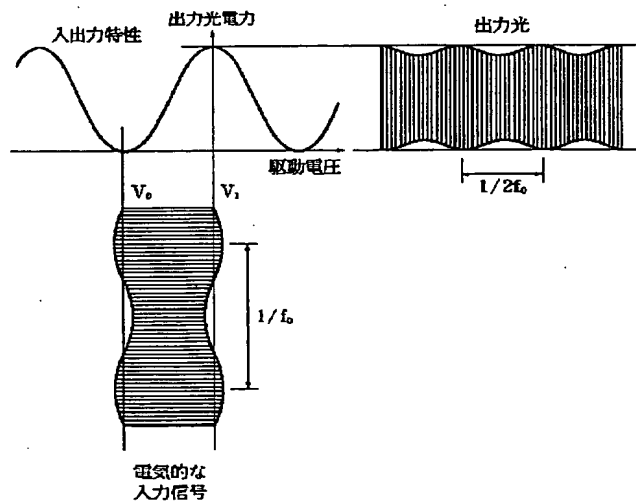
【図4】



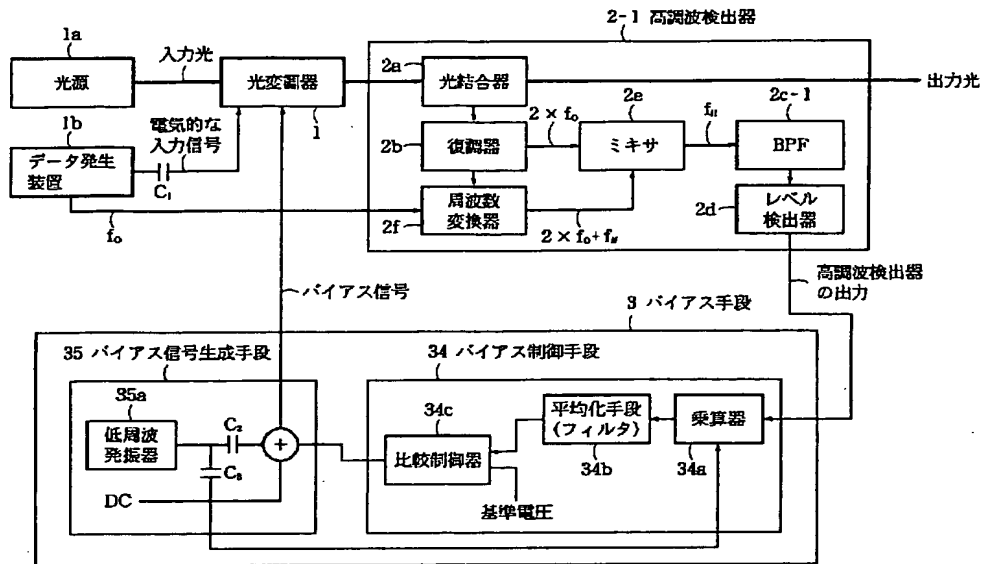
【図9】



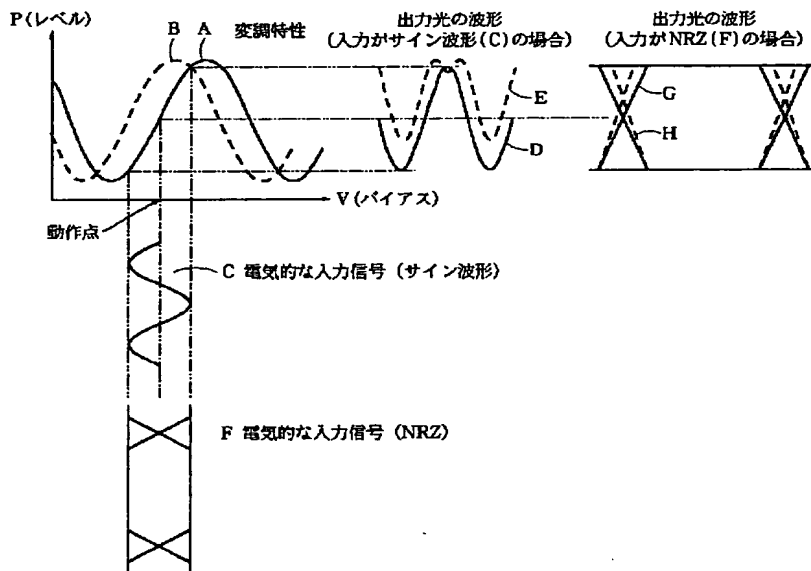
【図10】



【図5】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.